

## Különböző nitrogén műtrágyák hasznosulásának vizsgálata $^{15}\text{N}$ stabil izotóp jelzéssel

MÁTÉ FERENC és LATKOVICS GYÖRGYNÉ

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

Az utóbbi időben a hazai agrokémikus szakemberek egyre inkább figyelmet fordítanak a műtrágyák adagja és aránya mellett azok kémiai tulajdonságaira, összetételére. Régóta ismert tény, hogy különböző oldékonyságú, kémiai összetételű műtrágyák hatása azonos hatóanyag mennyiség esetén is eltérő lehet és talajtípusonként is különbségeket várhatunk az egyes műtrágyaféleségek hatásában. A fejlődő műtrágyagyártás és a kereskedelem a műtrágyák egyre szélesebb választékát bocsájtja a mezőgazdaság rendelkezésére. Különösen a nitrogén műtrágyák bővülő választéka teszi egyre inkább lehetővé a talaj tulajdonságaihoz igazodó, legkedvezőbb hatású műtrágyaféleségek kiválasztását. A műtrágyaféleség ésszerű kiválasztásával nemcsak a hatóanyag érvényesülése fokozható, de hosszabb idő alatt a talaj tulajdonságaiban is kedvező és maradandó hatású változásokra lehet számítani.

Korábban egy tenyészedény kísérlet eredményéről számoltunk be [1], amelyben szikes- és savanyú talajokon vizsgáltuk a különböző műtrágyák hatását a búza és kukorica kezdeti fejlődésére. A kísérlet eredményei azt mutatták, hogy az azonos hatóanyag mennyiségben alkalmazott nitrogén műtrágyák hatásában igen nagy különbségek figyelhetők meg és talajtípusonként más és más nitrogén műtrágyák mutatkoztak jobbaknak. E kísérlet adatai megfeleltek a várakozásunknak és azt a képet mutatták, amit a hivatkozott közleményünkben idézett irodalom alapján várni lehetett.

Ezek az eredmények arra indítottak, hogy a kérdés részletesebb vizsgálatára — egyéb kísérletek mellett — nitrogén stabil izotopos jelzés segítségével is állítsunk be kísérletet.

### Kísérleti rész

Az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete nagykállói kísérleti telepének homokon kialakult barna erdőtalaján végeztük a kísérletet oly módon, hogy 500—500 cm<sup>2</sup> területet, alul nyitott műanyag keret 30 cm mélységig történő talajba süllyesztésével határoltunk el. Az ilyen módon elhatárolt mikro-parcellákon 300 kg N/ha hatóanyagnak megfelelő mennyiségű (1,452 g N/parcella stabil  $^{15}\text{N}$  izotóppal jelzett) műtrágyákat alkalmaztunk. Tekintettel arra, hogy a kísérletet több éven át kívánjuk folytatni, valamint különleges talaj-vizsgálatokat is tervezünk, a jelzett műtrágyákat viszonylag nagy  $^{15}\text{N}$  tartalommal készítettük. A kezelések a következők voltak:

1. trágyázatlan kontroll
2. ammónium csoporton jelzett pétisó

3. ammónium csoporton jelzett ammónnitrát
4. nitrát csoporton jelzett ammónnitrát
5. jelzett ammónklorid
6. jelzett nátronsalétrom
7. jelzett kálsalétrom
8. jelzett ammonszulfát
9. jelzett karbamid
10. jelzett vizes ammónia

A kezeléseknek megfelelő műtrágyát 1964. április 21-én munkáltuk a talajba, majd az előcsíráztatott *H. 1108* tavaszi árpát — parcellánként 40 növényt — április 26-án vetettük el.

Az N-műtrágya hatása a növény fejlődésében mindvégig megmutatkozott. A kontroll növényei a fejlődésben lemaradtak. A vegetatív szervek fejlődése idején a lemaradás az alacsonyabb szárban, ritkább levélzetben mutatkozott meg, míg kalászképződésnél a kalászok számában és azok fejlettségében volt erősen észrevehető különbség. A kontrollhoz hasonló kép volt megfigyelhető az  $\text{NH}_4\text{Cl}$  és a  $\text{KNO}_3$  műtrágya hatására is. Az alkalmazott többi N-műtrágya hatására a növény fejlődésében és termésében jelentős növekedés mutatkozott meg.

A növényeket 1964. július 25-én vágtuk le, majd növényi részenként — szalma, sarjkalász, pelyva, mag — szétszedtük és lemértük. Nedvesség meghatározására mintát vettünk. A termést 86 %-os szárazanyagra számítva az 1. táblázatban mutatjuk be.

1. táblázat

**Kezelések hatása a termésre (86% szárazanyagra számítva g/parcella)**

(1) Kezelés	(2) Szalma és sarjkalász	(3) Mag	(4) Pelyva	(5) Összesen
1. Kontroll .....	19,3	3,4	1,0	23,7
2. Pétisó .....	54,1	14,9	7,2	76,2
3. $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .....	50,6	9,5	4,5	64,6
4. $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .....	47,7	8,6	4,5	60,8
5. $\text{NH}_4\text{Cl}$ .....	16,9	2,7	1,3	20,9
6. $\text{NaNO}_3$ .....	29,5	7,3	3,3	40,1
7. $\text{KNO}_3$ .....	21,6	0,5	0,6	22,7
8. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .....	29,9	9,9	4,1	43,9
9. Karbamid .....	40,5	14,2	5,5	60,2
10. Vizes ammónia .....	34,8	10,7	4,5	50,0

Látható, hogy a kontroll növények össztermése 23,7 g volt. Az ammóniumnitrát és a pétisó műtrágyázás hatására a növények szárazanyaghozama mintegy háromszorosára növekedett. A kontrollhoz hasonló termést kaptunk

2. táblázat

**A növényi részek százalékos tápanyagtartalma  
(86%-os szárazanyagra számítva)**

(1) Keze- lések	(2) Szalma és sarjkalász				(3) Mag				(4) Pelyva			
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO
1.	1,75	0,38	1,54	1,06	2,55	0,86	0,85	0,27	1,63	0,61	2,41	0,68
2.	1,52	0,21	1,81	1,06	2,27	1,05	0,94	0,21	1,59	0,47	1,56	0,62
3.	1,74	0,33	1,74	0,96	2,65	0,98	0,93	0,20	1,44	0,34	1,49	0,68
4.	1,73	0,32	1,79	0,93	2,81	1,03	0,97	0,19	1,67	0,46	1,65	0,60
5.	1,46	0,32	1,52	0,87	2,37	0,91	0,94	0,25	1,21	0,25	1,42	1,14
6.	1,24	0,25	1,28	1,06	2,31	0,88	0,81	0,21	1,17	0,30	1,47	0,91
7.	1,41	0,25	1,26	1,07	2,31	0,86	0,93	0,31	1,12	0,23	1,62	1,07
8.	1,24	0,22	1,49	1,18	2,44	0,89	0,79	0,18	1,16	0,21	1,63	0,89
9.	1,46	0,26	1,79	1,05	2,64	0,99	0,83	0,19	1,56	0,50	1,67	0,65
10.	1,61	0,29	1,88	0,99	2,66	0,91	0,86	0,20	1,48	0,29	1,52	0,68

az NH<sub>4</sub>Cl és a KNO<sub>3</sub> esetében is. A karbamid és a vizes ammónia hatása szintén jelentős volt.

Vizsgálva a növényrészenkénti szárazanyaghozamot és százalékos tápanyagtartalmat, az eredmények azt mutatják, hogy a szalma és sarjkalász szárazanyaghozama az összes súlyhoz viszonyítva nagy. A kontroll növény szalmájának szárazanyaghozama 19,4 g volt. Az ammóniumnitrát, pétisó, karbamid és a vizes ammónia hatására a szalma súlya jelentősen növekedett. Az NH<sub>4</sub>Cl és KNO<sub>3</sub> nem növelte a szalma tömegét. A szalma százalékos N és százalékos P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalma a kezelések hatására növekedést nem mutatott, sőt csökkenés volt megfigyelhető. A százalékos K<sub>2</sub>O-tartalom az ammóniumnitrát, pétisó, karbamid és vizes ammónia hatására növekedett, míg a többi kezelések hatására csökkent.

A mag szárazanyaghozama a kezelések hatására változik. A legnagyobb szárazanyaghozam a pétisó, karbamid és az ammónium nitrát hatására mutatkozik, ugyanakkor a mag százalékos N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> és K<sub>2</sub>O tartalmát is a fenti kezelések növelték.

A pelyva mennyisége a többi növényi részekhez viszonyítva kicsiny. A kezelések hatása a pelyva szárazanyaghozamában a többi növényi részekhez hasonlóan nyilvánul meg.

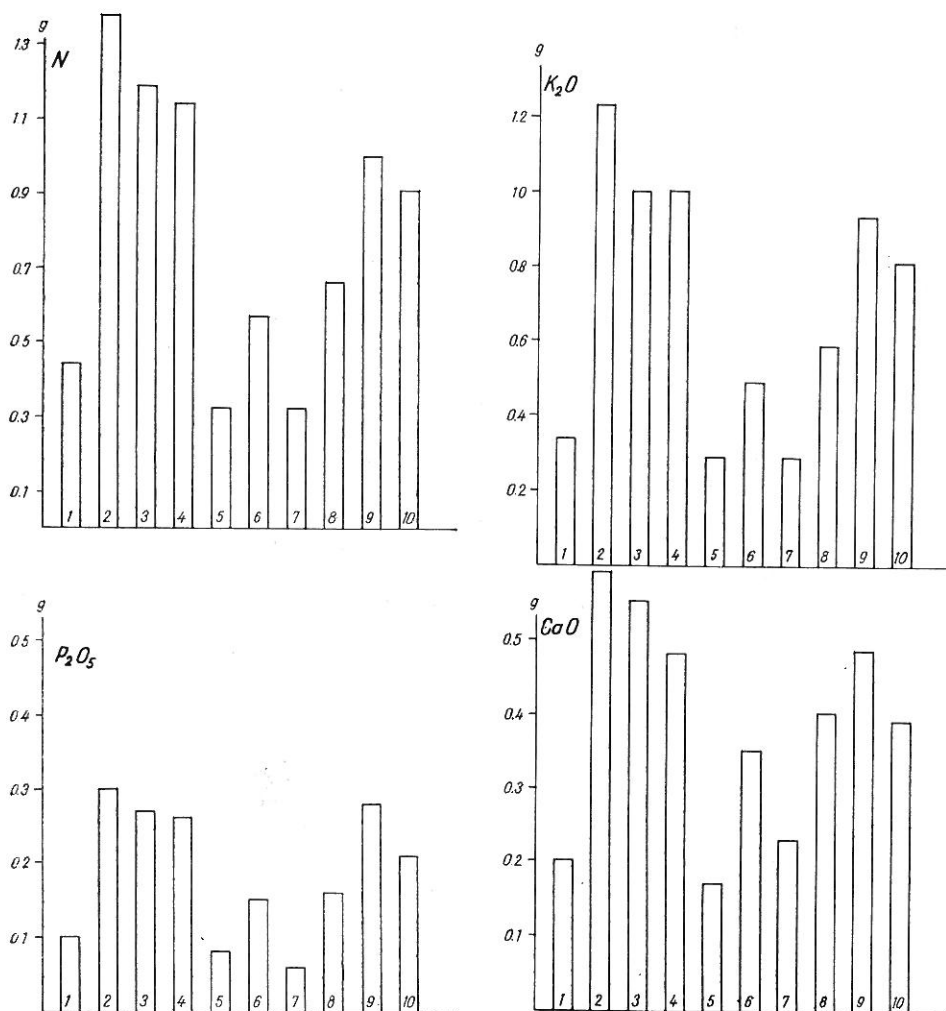
Kiszámítottuk az első évben felvett tápanyagok mennyiségét is (1. ábra). A kontroll növények N-hozama 0,44 g volt, a pétisó hatására 1,34 g, az ammóniumnitrát, karbamid, illetve vizes ammónia hatására 0,91–1,19 g N-t vett fel a növény parcellánként. A többi kezeléseknél a növények N-hozama a kontrollhoz hasonló, illetve kisebb volt. A kontroll növények P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-hozama 0,10 g volt, az alkalmazott N-műtrágyák hatására ez többszörösére növekedett, kivéve a NH<sub>4</sub>Cl és KNO<sub>3</sub> kezelést. Az alkalmazott N-műtrágyák a kontrollhoz viszonyítva — kivéve az NH<sub>4</sub>Cl, KNO<sub>3</sub> kezelést — kedvezően befolyásolták a növény K<sub>2</sub>O és CaO hozamát is.

A különféle műtrágyák hatóanyaga hasznosulásának megállapítása érdekében meghatároztuk a növény által felhalmozott nitrogén izotópösszetételét

növényi részenként. A műtrágya, valamint a növényi részek nitrogénjének N-15 tartalma a 3. táblázatban van feltüntetve.

A táblázat adatainak felhasználásával kiszámítottuk azt, hogy a növényben levő nitrogén milyen arányban származott a műtrágyából, valamint egyéb nitrogén forrásokból. Ennek ismeretében kiszámítottuk a különféle nitrogén műtrágyák hatóanyagának hasznosulási százalékát. A nyert eredmények a 4. és 5. táblázatban vannak összefoglalva.

A műtrágya hatóanyagának érvényesülésére nézve számításokat végeztünk a régi, tápanyagmérlegen alapuló módszerrel is. Összehasonlítva a tápanyagmérleg, valamint az izotópösszetétel alapján történt számításnak ered-



1. ábra

N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O és CaO hozam /g/ parcella/ a különböző kezelés hatására. Vízszintes tengely 1–10 kezeléseket lásd 1. tábl.

## 3. táblázat

A műtrágya és a növényi részek nitrogénjének izotópösszetétele, atom%

(1) Kezelések	(2) Trágya	(3) Szalma	(4) Mag	(5) Pelyva
1. Kontroll.....	—	0,365	0,365	0,365
2. Pétisó .....	9,52*	1,420	1,389	1,179
3. $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .....	9,52*	1,256	1,447	1,244
4. $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .....	10,40*	1,776	1,385	1,451
5. $\text{NH}_4\text{Cl}$ .....	9,49	2,288	2,053	1,587
6. $\text{NaNO}_3$ .....	9,30	3,079	2,433	1,916
7. $\text{KNO}_3$ .....	10,00	3,750	nincs megh.	nincs megh.
8. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .....	9,13	2,747	2,128	1,901
9. Karbamid .....	8,80	2,468	1,949	2,058
10. Vizes ammónia .....	9,49	3,137	2,828	2,518

\* A számok a jelzett csoport izotópösszetételére vonatkoznak.

ményeit, nagy különbségeket figyelhetünk meg. Az izotópösszetétel alapján végzett számítás a trágya nitrogénjének jóval kisebb fokú hasznosulását mutatja (9—20%), mint a másik számítási mód. (8—61%). Ennek a jelentős eltérésnek magyarázata abban van, hogy az alkalmazott nitrogénműtrá-

## 4. táblázat

A trágából származó nitrogén mennyisége a növényben

(1) Kezelés	(2) Szalma		(3) Mag		(4) Pelyva		(5) Egész növény	
	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
1. Kontroll.....	—	—	—	—	—	—	—	—
2. Pétisó .....	11,52	94,50	11,18	45,62	8,89	9,77	11,20	149,90
3. $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .....	9,71	85,65	11,86	29,89	9,60	6,24	10,18	121,80
4. $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .....	14,06	115,29	10,16	24,69	10,31	8,11	13,01	148,09
5. $\text{NH}_4\text{Cl}$ .....	21,07	50,57	18,48	11,83	13,36	2,14	20,17	64,54
6. $\text{NaNO}_3$ .....	30,57	109,35	10,52	17,68	17,33	6,76	23,59	133,79
7. $\text{KNO}_3$ .....	35,12	105,37	nincs meghat.	nincs meghat.	nincs meghat.	nincs meghat.	35,12	105,37
8. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .....	27,17	100,55	20,11	49,27	17,50	8,40	23,86	158,22
9. Karbamid .....	24,91	147,08	18,77	70,79	20,05	17,45	22,32	235,32
10. Vizes ammónia.....	30,37	170,12	27,00	77,46	23,57	15,79	28,81	263,37

\* A számadatok közelítő pontosságúak, a 2, 3, 4 kezelés esetén azért, mert a 3. és 4. kezelési adatainak egybevetése alapján számoltuk, a 7. kezelés esetén pedig az adatok hiányossága miatt.

## 5. táblázat

A növény által felvett N-mennyiség  
és az N-műtrágyák hatóanyagának hasznosulási százaléka

(1) Kezelés	A		B		A	B
	Felvett N mg/edény				N hasznosulási %	
Ø.....	442	360	298	61,7	20,5	
NH <sub>4</sub> Cl.....	320					
KNO <sub>3</sub> .....	320					
Pétisó.....	1338					
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> .....	1197	}	270	45,1	18,6	
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> .....	1138					
NaNO <sub>3</sub> .....	567					
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	663					
Karbamid.....	1054		158	15,2	10,9	
Vizes ammónia.....	914		235	42,1	16,2	
		981	279			
N-kontroll.....		621	279	42,7	19,2	
S <sub>x</sub> .....		170	64	+27,0	+4,3	

$$A - B = 342$$

$$SzD_{5\%} 409$$

A = tápanyagmérleg alapján számítva

B = izotóp hígítás alapján számítva

gyák tekintélyes mértékben fokozták a talaj nitrogén készletének érvényesülését is, aminek kimutatására a régi számítási módszer alkalmatlan. Vizsgálataink azt mutatják, hogy a talaj nitrogénjének hasznosulása azoknál a kezeléseknél a legnagyobb, amelyekben nagy nitrogén műtrágya hatást figyelhetünk meg. Ezzel függ össze az a körülmény is, hogy a tápanyagmérleges számítási mód esetén — bár a kezelések közötti különbségek irányzata hasonló, mint az izotópösszetétel alapján alapuló számításoknál — jóval szélesebb intervallumban változik a hasznosulási százalék. A kísérlet eredményei szerint annak ellenére, hogy nagy különbség mutatkozik a tápanyagmérleg és az izotópos hígítás alapján számított hasznosulási százalékban, megbízható különbséget a két módszer között kimutatni az adott viszonyok között nem tudtunk. Ennek a kérdésnek a végleges tisztázása további kísérletekkel lehetséges, amelyek választ adhatnak arra is, hogy a nitrogénműtrágya a talajban végbemenő mikrobiológiai folyamatok befolyásolásán keresztül megváltoztatja-e a talaj-nitrogén kémiai formáit, illetve felvehetőségét.

## Összefoglalás

Különböző nitrogén műtrágyák első évi érvényesülését vizsgáltuk  $^{15}\text{N}$  stabil izotóp jelzés segítségével mikroparcellás kísérletben, homokon kialakult barna erdőtalajon, tavaszi árpa jelzőnövényvel.

Az adott kísérleti viszonyok között a jelzőnövény termésére legnagyobb hatással volt a pétisó, az ammóniumnitrát, a karbamid és a vizes ammónia. Kisebbséget mutatott az ammóniumsulfát és a nátronsalétrom, az ammónklorid és a kálsalétrom a kontrollhoz hasonló termést eredményezett. A trágázás a

növények százalékos tápanyagtartalmában aránylag kis változásokat idézett elő, de a termést legjobban fokozó kezelések esetén általában valamelyest növekedett a százalékos tápanyagtartalom is, míg a termést kisebb mértékben, vagy egyáltalán nem fokozó kezelésekben a kontrollhoz képest kisebb tápanyag tartalmat figyelhetünk meg. A kezelések hatása ennek megfelelően különösen a területegységről felvett összes tápanyag mennyiségében nyilvánul meg.

A növények nitrogéntartalmának izotópösszetételét meghatározva kiszámítottuk a felvett tápanyagnak a műtrágyából származó hányadát. Ez az érték növényi részenként változott, aminek valószínű magyarázata az, hogy a fejlődés különböző szakaszaiban a műtrágya szerepe a növény nitrogénellátásában változik.

A műtrágyával bevitt, valamint a növények által felvett  $^{15}\text{N}$  stabil izotóp mennyiségének ismeretében kiszámítottuk a műtrágyák első évi hasznosulásának mértékét, ami kezelésektől függően 9–20%-nak adódott. Ennél lényegesen nagyobb hasznosulási fokot kapunk, ha a területegységről felvett összes nitrogén-többség alapján számolunk (8–61%). E nagyfokú eltérés rámutat arra a jelenségre, hogy adott esetben a nitrogénműtrágyák erősen fokozták a talaj eredeti nitrogén tápanyag készletének érvényesülését.

### I r o d a l o m

- [1] LATKOVICS, GYÉNÉ & MÁTÉ F.: Különböző nitrogénműtrágyák hatásának vizsgálata savanyú és szikes talajon tenyészedénykísérletben. *Agrokémia és Talajtan* **12**, 397–406. 1963.

*Érkezett: 1965. január 20.*

### Study of the Utilization of Various Nitrogen Chemical Fertilizers with $\text{N}^{15}$ Stable Isotope Labelling

F. MÁTÉ and I. LATKOVICS

Research Institute of Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest.

#### Summary

The efficiency in the first year of various nitrogen fertilizers was investigated with  $^{15}\text{N}$  stable isotope labelling in a microplot experiment, on brown forest soil developed on sand with summer barley as indicator plant.

Under the given experimental conditions the yield of the indicator plant was most influenced by Pétió (Calcium carbonate — ammonium nitrate fertilizer manufactured in Hungary), ammonium nitrate, carbamide and aqueous ammonia. Ammonium sulfate and sodium nitrate exhibited a lower effect whereas ammonium chloride and potassium nitrate produced similar yields to those obtained in the control. Soil nutrition resulted in comparatively small changes in the percentual nutrient content of the plants but in the case of treatments increasing the yields to the highest degree generally the per cent of nutrient contents also somewhat increased while in the treatments increasing the yield to a lesser degree or not at all lower nutrient contents could be observed as compared with the control. Accordingly, the effect of the treatments manifests itself mainly in the total amount of nutrients taken up from the unit area.

Determining the isotope composition of the nitrogen content of the plants the quotient of the nutrients deriving from the chemical fertilizer was calculated. This value changed according to plant parts which is probably due to the fact that in various phases



of development the role of chemical fertilizer in the nitrogen supply of the plant is different.

Knowing the amount of  $^{15}\text{N}$  stabile isotope introduced with the chemical fertilizer and taken up by the plant, the first year utilization of the chemical fertilizers was calculated which was found to be 5–20 per cent depending on treatments. A substantially higher degree of utilization is obtained when calculating on the grounds of total surplus nitrogen taken up from the unit area (9–61 per cent). This important deviation points to the phenomenon that in the given case the nitrogen fertilizers highly increased the effectiveness of the original nutrient reserves of the soil.

*Table 1.* Effect of various nitrogen fertilizers on the yield, g/plot converted to 86 per cent dry matter content. (1) Treatments: 1. control without fertilizer application, 2. labelled calcium ammonium nitrate on ammonium group, 3. labelled ammonium nitrate on ammonium group, 4. labelled ammonium nitrate on nitrate group, 5. labelled ammonium chloride, 6. labelled sodium nitrate, 7. labelled potassium nitrate, 8. labelled ammonium sulfate, 9. labelled carbamide, 10. labelled aqueous ammonia. (2) Straw, (3) Seed, (4) Chaff, (5) Total.

*Table 2.* Nutrient content of the plant parts, per cent. (1) Treatments, (2) straw, (3) seed, (4) chaff.

*Table 3.* Isotope composition of the nitrogen of chemical fertilizer and plant parts, atom per cent. (1) Treatments, (2) Chemical fertilizer. (3) Straw. (4) Seed. (5) Chaff. \*The numerical data refer to the isotope composition of the labelled group.

*Table 4.* Amount of nitrogen from fertilizer in the plant. (1) Treatment. (2) Straw. (3) Seed, (4) Chaff, (5) Total. Numerical data marked \* are the result of calculation of approximate accuracy.

*Table 5.* The amount of nitrogen taken up by the plant, mg/pot, and the utility per cent of the active agent of nitrogen fertilizers. (1) Treatment. A = calculated on the basis of nutrient balance B = calculated on the basis of isotope dilution.

## Die Prüfung der Verwertung von verschiedenen Stickstoff-Düngemitteln mit $^{15}\text{N}$ stabiler Isotopbezeichnung

F. MÁTÉ und I. LATKOVICS

Forschungsinstitut für Bodenkunde und Agrikulturchemie der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest

### Zusammenfassung

Die Verwertung von verschiedenen Stickstoff-Düngemitteln im ersten Jahre wurde mit der Hilfe von  $^{15}\text{N}$  stabiler Isotopbezeichnung im Mikroparzellenversuch in einem auf Sand entstandenen braunen Waldboden mit Sommergerste als Indikatorpflanze untersucht.

Unter den gegebenen Versuchsbedingungen war der Ertrag der Indikatorpflanze im höchsten Masse von Pétisó (Kalziumkarbonat — Ammoniumnitrat Düngemittel ungarischer Erzeugung), Ammoniumnitrat, Karbamid und wässriger Ammonia beeinflusst. Eine geringere Wirkung zeigten Ammoniumsulfat und Natronsalpeter; Ammonchlorid und Kalisalpeter hatten einen der Kontrolle ähnlichen Ertrag zur Folge. Die Düngung hat im prozentuellen Nährwertgehalt der Pflanzen verhältnismässig geringe Veränderungen hervorgerufen, aber bei der am meisten ertragerhöhenden Behandlung hat im allgemeinen auch der prozentuale Nährwertgehalt etwas zugenommen, während bei den Behandlungen, die den Ertrag in geringerem Ausmasse oder überhaupt nicht erhöhen, ein im Vergleich zur Kontrolle niedrigerer Nährstoffgehalt beobachtet werden kann. Die Wirkung der Behandlungen äussert sich dementsprechend besonders in der von der Flächeneinheit aufgenommenen Gesamtnährstoffmenge.

Bei der Bestimmung der Isotopzusammensetzung des Stickstoffgehaltes der Pflanzen wurde der aus dem Mineräldünger stammende Anteil des aufgenommenen Nährstoffes berechnet. Dieser Wert war je nach dem pflanzlichen Teil verschieden, dessen wahrscheinliche Erklärung darin besteht, dass in den verschiedenen Abschnitten der Entwicklung die Rolle des Mineräldüngers in der Stickstoffversorgung der Pflanze unterschiedlich ist.



In Kenntnis der mit dem Mineraldünger eingeführten sowie durch die Pflanzen aufgenommenen  $^{15}\text{N}$  stabilen Isotopenmenge wurde das Ausmaß der Verwertung der Mineraldünger im ersten Jahre berechnet, was sich in Abhängigkeit von den Behandlungen für 5—20% ergab. Ein bedeutend höherer Verwertungsgrad ergibt sich, wenn die Berechnung auf Grund der von der Flächeneinheit aufgenommenen unterschiedlichen Stickstoffmenge erfolgt (9—61%). Diese hochgradige Abweichung verweist auf die Erscheinung, daß gegebenenfalls die Stickstoffdünger die Auswirkung des ursprünglichen Stickstoffvorrates des Bodens bedeutend steigerten.

*Tab. 1.* Die Wirkung von verschiedenen Stickstoff-Düngemitteln auf den Ertrag g/Parzelle. Auf 86%-igen Trockensubstanzgehalt berechnet. (1) Behandlungen: 1. ungedüngte Kontrolle, 2. Kalkammonsalpeter auf Ammoniumgruppe bezeichnet, 3. Ammonsalpeter auf Ammoniumgruppe bezeichnet, 4. Ammonsalpeter auf Nitratgruppe bezeichnet, 5. bezeichnetes Ammonchlorid, 6. bezeichneter Natronsalpeter, 7. bezeichneter Kalisalpeter, 8. bezeichnetes Ammonsulfat, 9. bezeichnetes Karbamid, 10. wässrige Ammonia. (2) Stroh, (3) Samen, (4) Spelzen, (5) insgesamt.

*Tab. 2.* Nährstoffgehalt der pflanzlichen Teile, %. Behandlungen wie in Tab. 1.

*Tab. 3.* Isotopzusammensetzung des Stickstoffes im Mineraldünger und in den pflanzlichen Teilen. Atom %. (1) Behandlungen. (2) Mineraldünger. (3) Stroh. (4) Samen. (5) Spelze. \* Die zahlenmässigen Angaben beziehen sich auf die Isotopenzusammensetzung der bezeichneten Gruppe.

*Tab. 4.* Die aus dem Dünger stammende Stickstoffmenge in der Pflanze. (1) — (5) siehe Tab. 1. Die mit \* bezeichneten zahlenmässigen Angaben bilden das Ergebnis einer Berechnung von annähernder Genauigkeit.

*Tab. 5.* Die Menge des von der Pflanze aufgenommenen Stickstoffs, mg/Gefäß, und der Verwertungsgrad des Mineraldüngers-N. (1) Behandlung. A = berechnet auf Grund des Nährstoffbilanzes, B = berechnet auf Grund von Isotopendilution.

*Abb. 1.* N,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  und CaO Ertrag (g/Parzelle). Horizontale Achse: Behandlungen 1—10 s. Tab. 1.

## Изучение эффективности различных азотных минеральных удобрений при помощи стабильного изотопа $\text{N}^{15}$ .

Ф. МАТЭ, и И. ЛАТКОВИЧ

Научно-Исследовательский Институт Почвоведения Агрохимии А. Н. Венгрии, Будапешт

### Резюме

Изучалась эффективность различных азотных минеральных удобрений в первый год их внесения при помощи стабильного изотопа  $\text{N}^{15}$  в микроделачных опытах на бурой лесной почве образованной на песке. Подопытное растение — яровой ячмень.

В условиях опыта самый большой эффект наблюдался от внесения петской соли (25% азотно-аммиачная селитра), нитрата аммония, мочевины и водного аммиака. Меньшее влияние оказывали сульфат аммония, чилийская селитра, хлористый аммоний и калийная селитра, при внесении которых получили урожай сходный с контролем. Влияние минеральных удобрений сказывалось незначительно на изменении процентного содержания питательных веществ в растениях, но на вариантах, где наблюдалось повышение урожая процентное содержание питательных веществ было несколько выше, в то время, как на вариантах где урожай повышался мало или вообще не повышался наблюдалось меньшее содержание питательных веществ по сравнению с контролем. Соответственно этому, влияние вариантов отражалось особенно на количестве питательных веществ усвоенных с единицы площади.

На основании определения изотопного состава содержание азота в растениях вычислили ту часть усвоенных питательных веществ, которая происходила из минеральных удобрений. Эта величина изменялась в различных частях растений, вероятно это можно объяснить тем, что роль минеральных удобрений в обеспечении растений азотом изменяется в различных фазах развития растений.

Зная количество стабильного изотопа  $\text{N}^{15}$ , вносимого в почву с минеральными удобрениями, а также усвоенного растениями, вычислили степень доступности минераль-

ных удобрений в первый год их внесения, что составляло, в зависимости от вариантов, 5—20%. Степень доступности существенно выше, если вычисление проводится на основании увеличения общего азота усвоенного с единицы площади (9—61%). Это большое отклонение указывает, что в данном случае, внесение азотных минеральных удобрений оказывало сильное влияние на доступность исходного запаса азота почвы.

*Табл. 1.* Влияние внесения различных азотных минеральных удобрений на урожай растений в гр/делян. В перечислении на 86-ти процентное сухое вещество. (1) Варианты: 1. Неудобренный контроль. 2. Петская соль, мечение на аммонийной группе. 3. Аммиачная селитра, мечение на аммонийной группе. 4. Аммиачная селитра, мечение на нитратной группе. 5. Меченный хлористый аммоний. 6. Меченная чилийская селитра. 7. Меченная калийная селитра. 8. Меченный сульфат аммония. 9. Меченная мочеви́на. 10. Меченный водный аммиак. (2) солома, (3) зерно, (4) мякина, (5) всего.

*Табл. 2.* Процентное содержание питательных веществ в различных частях растений. Обозначения см. в табл. 1.

*Табл. 3.* Изотопный состав азота различных частей растений и минеральных удобрений в % атомов. (1) Варианты. (2) Минеральные удобрения. (3) Солома. (4) Зерно. (5) Мякина.  $x$  — числа со знаком относятся к изотопному составу меченных групп.

*Табл. 4.* Количество азота, усвоенного растениями из удобрений. (1)—(5) обозначения см. в таблице 1.  $x$  — числа с этим знаком являются результатами вычисления приблизительной точности.

*Табл. 5.* Количество азота, усвоенного растениями в мг/сосуд и процент использования действующих веществ азотных минеральных удобрений. (1) Вариант. (2) Количество усвоенного азота в мг/сосуд. (3) Процент использования азота.  $A$  — рассчитанный методом баланса питательных веществ.  $B$  — рассчитанный методом изотопного разбавления.

*Рис. 1.* Общее количество азота,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  и  $\text{CaO}$  в урожае растений в гр/делянка.